

УДК 620.92

**О. С. ГОЛОВЕШКО, А. М. ТЕРЕЩЕНКО, С. О. ФЕДОРЧУК****ОЦІНКА МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ГІДРОПОТЕНЦІАЛУ ОЧИСНИХ СПОРУД ДЛЯ ГЕНЕРАЦІЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ**

Пропонується використовувати потенціал відновлювальних джерел енергій на очисних комплексах, а саме: гідроагрегатів для використання потенціалу водних ресурсів і сонячних електростанцій для використання сонячної радіації на непридатних для сільськогосподарської діяльності земель. Були зроблені розрахунки щодо можливої теоретичної генерації, для розрахунку було обрано конкретний об'єкт дослідження. Було зроблено висновки як найвигідніше реалізовувати електричну енергію.

**Ключові слова:** відновлювальні джерела енергії, міні-ГЕС, СЕС, зелений тариф.

**О. С. ГОЛОВЕШКО, А. М. ТЕРЕЩЕНКО, С. О. ФЕДОРЧУК****ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГИДРОПОТЕНЦИАЛА ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ДЛЯ ГЕНЕРАЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ**

Предлагается использовать потенциал возобновляемых источников энергии на очистных комплексах, а именно: гидроагрегатов для использования потенциала водных ресурсов и солнечных электростанций для использования солнечной радиации на непригодных для сельскохозяйственной деятельности земель. Были сделаны расчеты по возможной теоретической по мощности, для расчета были выбраны конкретный объект исследования. Были сделаны выводы как выгоднее реализовывать электрическую энергию.

**Ключевые слова:** возобновляемые источники энергии, мини-ГЭС, СЭС, зеленый тариф.

**O. S. GOLOVESHKO, A. M. TERESHCHENKO, S. O. FEDORCHUK****EVALUATION OF USE HYDROPOTENTIAL TREATMENT FACILITIES FOR ELECTRIC ENERGY GENERATION**

It is proposed to use the potential of renewable energy sources at treatment plants, namely: hydroelectric generators for using the potential of water resources and solar power plants for using solar radiation on unfit for agricultural activities. Calculations were done on a possible theoretical generation, for the calculation, a particular object of study was chosen. It was concluded that it is more profitable to sell electric energy.

**Keywords:** renewable energy sources, mini-HPP, SES, green tariff.

**Вступ.**

Мета: використання потенціалу відновлювальних джерел на очисних спорудах.

Об'єкт дослідження: Харківські очисні споруди №1.

Постановка задачі:

1) Оцінка потенціалу стічних вод з метою вироблення електроенергії на гідротурбіні.

2) Використання потенціалу сонячної радіації з залученням для їх розміщення непридатних земель. Сумісна їх робота може збалансувати графіки добової генерації, що

збільшить стійкість системи і збільшить її ККД. Однак, слід зазначити ще один важливий аспект. Міський очисний комплекс №1 м. Харкова є доволі енергоємним господарством. Передача значних потужностей супроводжується втратами в лініях. Якщо частково забезпечити виробництво електроенергії на власні потреби прямо на комплексі, то це суттєво вплине на втрати потужності в лініях постачання до очисного комплексу.

Технологічна схема Диканівського очисного комплексу представлена на рис. 1

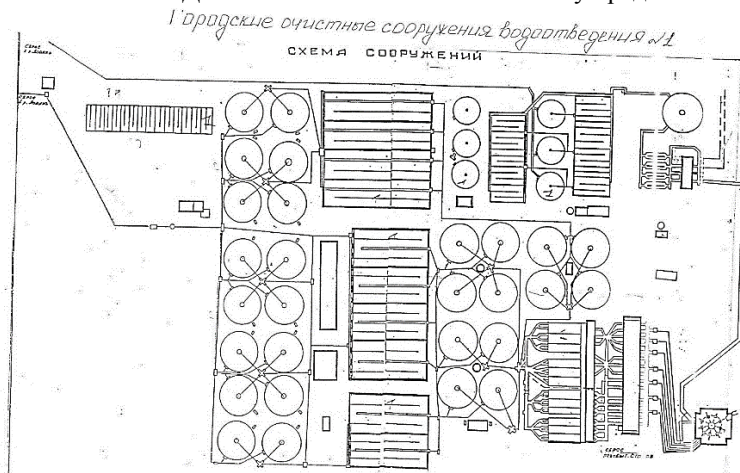


Рис.1 Міські очисні споруди водовідведення №1 м. Харкова

Найвигіднішою точкою для встановлення гідротурбіни є вихідний колектор очисного

комплексу, зважаючи на такі фактори:

- найбільший потік води (за статистичними даними 2016 року річний водостік склав 138 млн м<sup>3</sup>);
- можливе забезпечення напору води до 4,34 м;
- максимальне механічне очищення води, яке забезпечує незначні відрахування на амортизацію порівняно з гідротурбінами на рівнинних річках;
- діаметр вихідного колектора складає 2000 мм.

За формулою теоретично можливого потенціалу води (1) були проведені попередні розрахунки.

$$P = 9,81 \cdot Q \cdot H \cdot \eta_{\text{уст}}, \quad (1)$$

де:  $P$  – теоретична потужність напору води, кВт;

$Q$  – швидкість стікання води, м<sup>3</sup>/с;

$H$  – напір води, м;

$\eta$  – середній ККД установки, який обчислюється як добуток ККД турбіни і ККД генератора:

$$\eta_{\text{уст}} = \eta_{\text{т}} \cdot \eta_{\text{г}} \quad (2)$$

В розрахунках  $\eta_{\text{уст}}$  приймаємо рівним 0,85.

На основі статистичних вимірів об'ємів витікання стічних вод за 2016 рік було проведено аналіз середнього річного діапазону швидкості стікання води в колекторі. Це дало змогу визначити теоретичний діапазон потужностей гідроагрегата без виконання штучного регулювання витікання води на вторинних відстійниках. Швидкість витікання в вихідному колекторі обчислена за формулою (3):

$$Q = \frac{V}{86400 \cdot m}, \quad (3)$$

де:  $V$  – кількість очищених стічних вод за місяць, м<sup>3</sup>;

86400 – кількість секунд в одній добі;

$m$  – кількість днів в місяці.

Аналітичні дані зведено в табл. 1. Річний графік теоретичної потужності гідроагрегату графічно представлено на рис. 2

Таблиця 1. Аналіз річного графіка витікання за 2016 рік

Місяць	Кількість очищених стічних вод, м <sup>3</sup>	Швидкість витікання, м <sup>3</sup> /с	Теоретична потужність, кВт
Січень	12 121 793	4,53	163,8
Лютий	11 764 560	4,7	169,9
Березень	12 150 653	4,54	164,2
Квітень	11 573 762	4,47	161,6
Травень	11 515 892	4,3	155,6
Червень	10 630 755	4,1	148,4
Липень	10 822 356	4,18	151,1
Серпень	10 733 182	4,01	145
Вересень	10 655 036	4,11	148,8
Жовтень	11 722 868	4,38	158,4
Листопад	12 317 387	4,75	172
Грудень	12 545 100	4,68	169,5
За рік	138 553 344	4,38	158,6

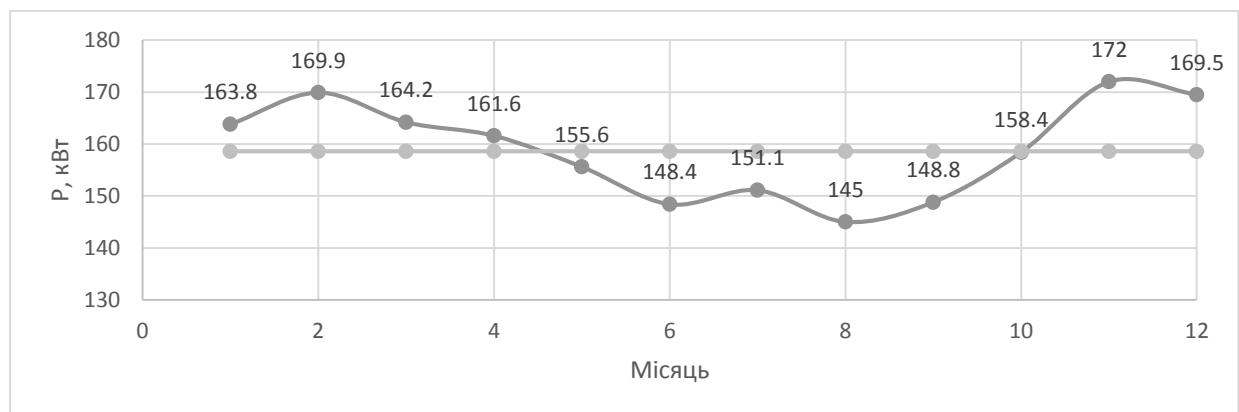


Рис. 2 Річний графік теоретичної потужності

Розрахунки показали, що потенціал води в кінці колектору становить від 145 до 172 кВт з урахуванням середнього ККД установки ( $\eta$ ).

Денний графік водостоку в каналізаційній системі не впливає суттєво на витікання на вихідному колекторі, оскільки перепади вирівнюються за рахунок відстоювання в первинних відстійниках, деаераторах і вторинних відстійниках.

Технологічний цикл очисного комплексу дозволяє регулювати водостік за допомогою накопичення води в деаератора і вторинних відстійниках. Таким чином можна регулювати потужність генерації. Цю можливість можна ефективно реалізувати при спільній генерації сонячної електростанції і гідротурбіни.

Графік генерації СЕС має значні піки в ясну сонячну погоду і провали в нічний час і за умов сильної хмарності. Маневруючи потужностями міні-ГЕС ми можемо вирівнювати спільний графік генерації, таким чином підвищуючи стійкість системи генерації СЕС і забезпечувати власні потреби очисного комплексу. Питоме енергоспоживання в водовідведенні в м. Харкові складає  $0,305 \frac{\text{кВт}\cdot\text{год}}{\text{м}^3}$ . Враховуючи об'єми витікання Диканівського очисного комплексу об'ємне енергоспоживання складатиме:

$$P_{\text{ст}} = \frac{V \cdot \beta}{T}, \quad (4)$$

де:  $\beta$  – питоме енергоспоживання на водовідведення в м. Харкові;

$T$  – кількість годин, за які здійснено витікання.

$$P_{\text{ст}} = \frac{138553344 \cdot 0,305}{8784} = 4,81 \text{ МВт} \quad (5)$$

Площі, які прилягають безпосередньо до очисного комплексу, не можуть бути використані за сільськогосподарським призначенням або для будівництва житла та інших господарських споруд.

Розглянувши можливість будівництва СЕС з фотоелектричними панелями, кут нахилу яких фіксований і оптимальний (для широт, в яких знаходиться Україна, коливається в діапазоні від 30 до 35 градусів), тобто забезпечує максимальний середній обсяг генерації, сонячні модулі необхідно розташовувати на місцевості з таким урахуванням, щоб уникнути взаємного затінення. У цьому випадку при монтуванні фотомодулів на стаціонарних (тобто без можливості надалі вручну або механічно змінювати орієнтацію і кут нахилу сонячної панелі) конструкціях, для розміщення СЕС потужністю 10 кВт площа потрібно близько 170-200 м<sup>2</sup>. Враховуючі ці параметри і наявні вільні площі ми зробили висновок, що можливе будівництво СЕС потужністю до 500 кВт. Добовий графік генерації СЕС приведено на рис. 3

На рис. 4 показані графіки спільної генерації СЕС і міні-ГЕС без маневрування потужностями ГЕС і на рис. 5 з можливим варіантом маневрування для максимального вирівнювання графіка спільної

генерації. Проте, зважаючи на значно більшу потужність власних потреб очисного комплексу, доцільніше компенсувати споживання власних потреб з енергосистеми, аніж штучно зменшувати потужність генерації гідротурбіни.

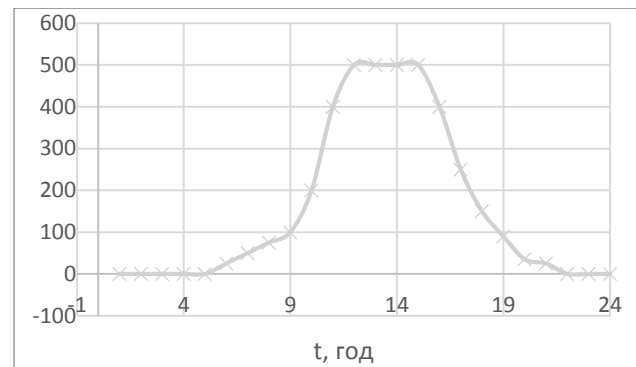


Рис. 3 добова генерація СЕС

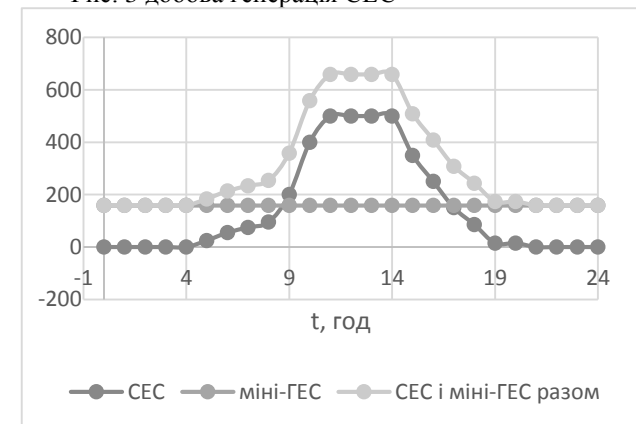


Рис. 4 Генерація СЕС і міні-ГЕС без маневрування

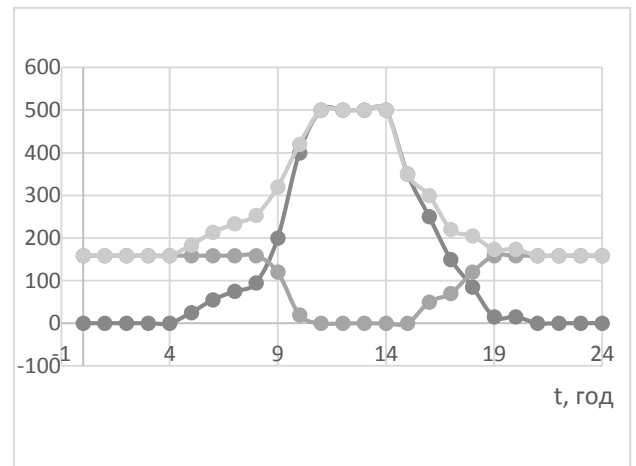


Рис. 5 Генерація СЕС і міні-ГЕС з маневруванням

Станом на квітень 2017 року для промислових і приватних до них споживачів з повною потужністю більше 750 кВА і які підключені до першого класу напруги (35 кВ і більше) тариф встановлено 150,744  $\frac{\text{коп}}{\text{кВт}\cdot\text{год}}$ . «Зелений» тариф на електроенергію вироблену фотоелектричними панелями, які будуть встановлені до 31.12.2019 становить 536,68  $\frac{\text{коп}}{\text{кВт}\cdot\text{год}}$ . «Зелений» тариф на електроенергію вироблену на міні-ГЕС (до

3000 кВт) становить  $493,34 \frac{\text{коп}}{\text{кВт}\cdot\text{год}}$ . Розглянемо два варіанти: повне споживання виробленої електроенергії на власні потреби очисного комплексу і повний продаж виробленої електроенергії за «зеленим» тарифом і купівля електроенергії виключно з енергосистеми.

Порівнювати ці 2 варіанти будемо з повною покупкою електроенергії  $42\,251\,040 \text{ кВт}\cdot\text{год}$  з мережі:

Ціна електроенергії обчислюватиметься за формулою (6):

$$W = 8784 \cdot P \cdot \chi, \quad (6)$$

де:  $\chi$  – вартість електроенергії,  $\frac{\text{грн}}{\text{кВт}\cdot\text{год}}$ ;

$P$  – потужність, кВт.

$$W_+ = 8784 \cdot 4810 \cdot \frac{150,744}{100} = 63\,376\,560 \text{ грн}$$

Нестачу електроенергії на власні потреби ми купуємо з енергосистеми.

$$W_+ = 40\,437\,722 \cdot \frac{150,744}{100} = 60\,656\,583 \text{ грн} =$$

$W_1$ , (7)

Всю вироблену енергію ми споживаємо на місці, отже прибуток дорівнює 0.

Повністю купуємо з енергосистеми

$42\,251\,040 \text{ кВт}\cdot\text{год}$  електроенергії

Продаємо від СЕС:

$$W_{\text{СЕС-}} = 1\,118\,650 \cdot \frac{532,68}{100} = 5\,951\,218 \text{ грн} \quad (8)$$

Продаємо від міні-ГЕС:

$$W_{\text{ГЕС-}} = 694\,668 \cdot \frac{493,34}{100} = 3\,695\,633 \text{ грн} \quad (9)$$

$$W_2 = W_+ - W_{\text{СЕС-}} - W_{\text{ГЕС-}}, \quad (10)$$

$$W_2 = 53\,729\,708 \text{ грн},$$

Порівнюємо сумарні баланси:

Для першого варіанту:

$$\Delta W = W - W_1 = 2\,719\,977 \text{ грн}, \quad (11)$$

Для другого варіанту:

$$\Delta W = W - W_2 = 9\,646\,851 \text{ грн}, \quad (12)$$

Наглядні данні зведено в табл. 2.

Таблиця 2. Кінцеві показники розрахунку

		базовий	1 варіант	2 варіант
Купівля з АК «ХОМ»	МВт*год	42 251,040	40 437,722	42 251,040
	грн	63 376 560	60 656 583	63 376 560
Генерація СЕС	МВт*год	0	1 118 650	0
	грн	0	0	-5 951 218
Генерація ГЕС	МВт*год	0	694 668	0
	грн	0	0	-3 695 583
Економія	грн	0	2 719 977	9 646 851

**Висновки.** Згідно наявних даних нами було проведено оцінку можливості генерації на відновлювальних джерелах енергії для міських очисних споруд міста Харків. Дослідження було проведено для можливості використання гідро потенціалу стічних вод та можливості побудови фотоелектричної електростанції. Крім того був проведений економічний розрахунок для знаходження найбільш економічно ефективного використання цих генеруючих потужностей. За розрахунками, що включали 2 варіанти – споживання виробленої електричної енергії на місці або продаж її за «зеленим тарифом» ми прийшли до висновку, що економічний ефект від другого варіанту є більш привабливим т.я. складає 9,6 млн грн/рік, що на 6,9 млн грн/рік вигідніше за альтернативний варіант.

#### Список літератури

1. В. В. Волианик, Г. В. Орехов / Низконапорные гидравлические двигатели // Наука, 2009. – 393 с.
2. Введение в гидротехнику / ред. Ю. П. Правдивец. – М. : Мир, 2009. – 290 с.
3. Магомедов А.М. / Нетрадиционные возобновляемые источники энергии. // Махачкала: Юпитер, 1996. – 245 с.
4. Харченко Н.В. / «Индивидуальные солнечные установки» // Изд. Энергоатомиздат, Москва, 1991 г. — 208 с.
5. Информационно-тематический сборник "Технологии и оборудование для комплексной очистки сточных вод с использованием биологических методов" №22: в 2 т. Т.1 : Установки для биологической и механобиологической очистки сточных вод. // Глобус, 2006.
6. Будыкина Т. А. / Технология подготовки питьевой воды: учебное пособие / Т. А. Будыкина, П. П. Кукин, В. М. Попов. // Курск : КГТУ, 2006. - 204 с.
7. Колесников В. А. / Анализ, проектирование технологий и оборудования для очистки сточных вод / В. А. Колесников, Н. В. Меньшутин. // М. : ДеЛи принт, 2005. - 266 с.

#### References (transliterated)

1. V. V. Volshanik, G. V. Orekhov / Nizkonapornyye gidravlicheskie dvigateli // Nauka, 2009. – 393 s.
2. Vvedenie v gidrotehniku / red. Yu. P. Pravdivets. – M. : Mir, 2009. – 290 s.
3. Magomedov A.M. / Netraditsionnyie vozobnovlyaemyie istochniki energii. // Mahachkala: Yupiter, 1996. – 245 s.
4. Harchenko N.V. / «Individualnyie solnechnyye ustanovki» //Izd. Energoatomizdat, Moskva, 1991 g. — 208 s.
5. Informatsionno-tematicheskiiy sbornik "Tehnologii i oborudovanie dlya kompleksnoy ochistki stochnyih vod s ispolzovaniem

biologicheskikh metodov" #22: v 2 t. T.1 : Ustanovki dlya biologicheskoy i mehanobiologicheskoy ochistki stochnyih vod. // Globus, 2006.

6. Budyikina T. A. / Tehnologiya podgotovki pitevoy vody: uchebnoe posobie / T. A. Budyikina, P. P. Kukin, V. M. Popov. // Kursk : KGTU, 2006. - 204 s.

7. Kolesnikov V. A. / Analiz, proektirovanie tehnologiy i oborudovaniya dlya ochistki stochnyih vod / V. A. Kolesnikov, N. V. Menshutina. // M. : DeLi print, 2005. – 266

Надійшла (received) 25.12.2017

*Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors*

**Головешко Олександр Сергійович (Головешко Александр Сергеевич, Goloveshko Aleksandr Sergeevich)** – студент 4 курсу Електроенергетичного факультету кафедри «Електричні станції» за спеціальністю Енергетичний менеджмент та енергоефективні технології, тел.: (097) 981 10 73; e mail: [oss1.ghost@gmail.com](mailto:oss1.ghost@gmail.com).

**Терещенко Артем Михайлович (Терещенко Артем Михайлович, Terechenko Artem Michailovic)** – студент 4 курсу Електроенергетичного факультету кафедри «Електричні станції» за спеціальністю Енергетичний менеджмент та енергоефективні технології, тел.: (093) 212 26 85; e mail: [art.4444t@gmail.com](mailto:art.4444t@gmail.com).

**Федорчук Станіслав Олегович (Федорчук Станислав Олегович, Fedorchuk Stanislav Olegovich)** – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», аспірант кафедри електричних станцій тел. : 0952901966; e-mail [majonima@gmail.com](mailto:majonima@gmail.com)

Укладач: С. О. Федорчук, аспірант.